

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-174383

(43)Date of publication of application : 23.06.2000

(51)Int.Cl.

H01S 5/187

(21)Application number : 10-345876

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>

(22)Date of filing : 04.12.1998

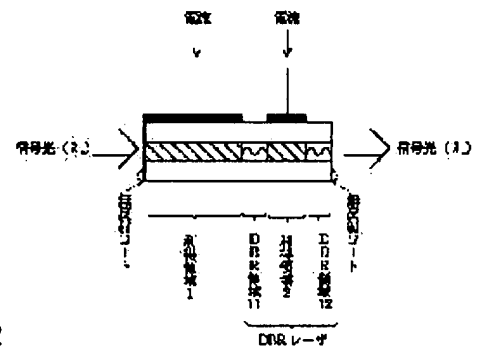
(72)Inventor : INOUE YASUSHI

## (54) SEMICONDUCTOR OPTICAL AMPLIFIER

### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To raise the signal light level causing gain saturation, while integrally enhancing noise characteristics by forming a two stage semiconductor optical amplifier, performing optical amplification with good noise characteristics at the first stage and performing optical amplification, while taking advantage of high saturation gain characteristics at the second stage.

SOLUTION: A gain region 1, including means for induction emitting a signal light  $\lambda_s$  by pumping carriers in the direction of signal light  $\lambda_s$  incoming end to outgoing end of a semiconductor optical waveguide having the opposite ends applied with an endless reflective coat, i.e., a first semiconductor optical amplifier, a DBR region 11 including means resonant to a laser oscillation light  $\lambda_o$ , i.e., a first Bragg reflector DBR, a gain region 2 including a means for induction emitting the signal light  $\lambda_s$  by pumping carriers, i.e., a second semiconductor optical amplifier, and a DBR region 12 including means resonant to the laser oscillation light  $\lambda_o$ , i.e., a second Bragg reflector DBR, are formed in this order. According to the structure, the signal light level causing gain saturation can be raised, while enhancing noise characteristics.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-174383

(P2000-174383A)

(43) 公開日 平成12年6月23日 (2000.6.23)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
H01S 5/187

識別記号

F I  
H01S 3/18

テーマコード\* (参考)

654 5F073

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全4頁)

(21) 出願番号 特願平10-345876

(22) 出願日 平成10年12月4日 (1998.12.4)

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72) 発明者 井上 恭

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本

電信電話株式会社内

(74) 代理人 100078237

弁理士 井出 直孝 (外1名)

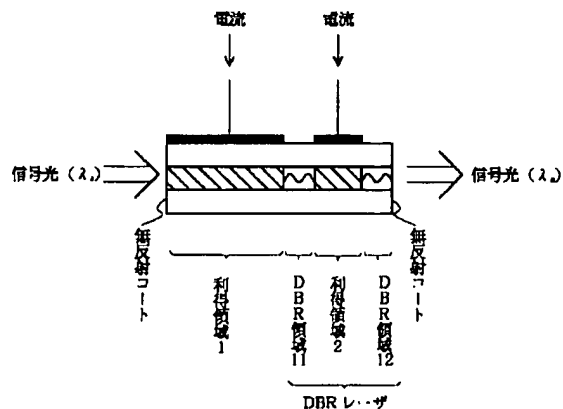
Fターム (参考) 5F073 AA65 AA83 BA03

(54) 【発明の名称】 半導体光増幅器

(57) 【要約】

【課題】 利得クランプ半導体光増幅器の高飽和利得特性を活かしつつ、雑音特性の良い半導体光増幅器を実現する。

【解決手段】 二段階の半導体光増幅器を一体に形成し、一段目の半導体光増幅器では、雑音特性の良好な光増幅を行い、二段目の半導体光増幅器では、利得クランプ半導体光増幅器による高飽和利得特性を活かしつつ光増幅を行う。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体光導波路の信号光 $\lambda_s$ の入射端から出射端方向に、励起キャリアにより信号光 $\lambda_s$ を誘導放出する手段を含む第一の利得領域と、レーザ発振光 $\lambda_0$ に共振する手段を含む第一の光反射領域と、励起キャリアにより信号光 $\lambda_s$ を誘導放出する手段を含む第二の利得領域と、レーザ発振光 $\lambda_0$ に共振する手段を含む第二の光反射領域とが当該順序で形成されたことを特徴とする半導体光増幅器。

【請求項2】 前記レーザ発振光 $\lambda_0$ に共振する手段は、DBR(distributed Bragg reflector)反射器を含む請求項1記載の半導体光増幅器。

【請求項3】 前記入射端および前記出射端には、無反射コートが施された請求項1記載の半導体光増幅器。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は信号光を増幅する光増幅器に関する。特に、利得クランプ半導体光増幅器の雑音特性改善技術に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体光増幅器は、電流注入により励起された電子キャリアと信号光との誘導放出過程により、入力信号光パワーを増幅することができる。この半導体光増幅器は、小型で低消費電力という特徴があるが、利得飽和領域では使用できない問題を有している。利得飽和とは、高パワーの信号光が入力されると誘導放出により励起キャリアが減少し、その分だけ利得が低下するという現象である。その結果、入力光パワーに応じて信号利得が異なることになる。

【0003】また、入力信号光パワーが変化すると、信号利得はある時定数でこれに追従して変化する。利得変化の時定数は、信号速度  $G b i t / s$  における信号変化と同程度であり、高パワーの入力信号光に対しては出力信号光の波形が歪むことになる。したがって、半導体光増幅器を光伝送システムに適用する際には、入力信号光パワーを利得飽和が起きないレベル以下に制御する必要がある。

【0004】この制限を緩和するに、利得飽和が起きる入力光レベルの上限を高くする方法(利得クランプ半導体光増幅器)が提案されている。図2は利得クランプ半導体光増幅器の構成図である。本構成は図2に示すように、利得領域の両側にブラッグ反射(DBR:distributed Bragg reflector)領域が設けられており、構成自体は通常のDBRレーザと同一である。この利得領域に電流を注入していくと信号利得が高まり、ある閾値を越えるとDBR領域の反射波長 $\lambda_0$ でレーザ発振が起きる。

【0005】また、レーザ発振は、利得領域の信号利得が両端のDBR領域により形成される共振器の共振器損失に等しくなったときに起こる。閾値以上の電流を注入すると、過剰な注入キャリアは発振光との誘導放出に費

やされ、利得領域に存在する励起キャリア数は閾値状態にクランプされる。すなわち、レーザ発振状態では、信号利得は共振器損失で決まる一定値にクランプされる。

【0006】図3は信号利得を示す図であり、横軸に波長(発振波長 $\lambda_0$ 、信号光波長 $\lambda_s$ )をとり、縦軸に出力スペクトルをとる。そこで、発振状態にあるDBRレーザに、発振波長 $\lambda_0$ とは異なる波長 $\lambda_s$ の信号光を入力すると、図3に示すように、入力信号光は利得領域においてクランプされた信号利得を受けることになる。ここで、さらに強い信号光パワーを入力した場合には、信号光との誘導放出に消費されるための励起キャリアは発振光との誘導放出に費やされていた注入キャリアにより補充され、利得領域に存在する励起キャリア数はあくまで一定に保たれる。すなわち、信号利得は発振閾値状態に保持され、利得飽和は生じない。ただし、その反動として、発振光パワーが減少することになる。

【0007】入力信号光パワーをさらに大きくしていくと、発振光パワーがさらに減少し、ついには発振が停止する。レーザ発振が停止すると、レーザ発振との誘導放出に費やされていた注入キャリアの補充が受けられなくなり、通常の半導体光増幅器と同様に利得飽和が生じる。このように、レーザ発振しているDBRレーザを増幅器として用いると、レーザ発振が停止するまでは信号利得が一定で動作する。これにより利得クランプ半導体光増幅器では、通常の半導体光増幅器に比べて、利得飽和が起こる入力信号光レベルを高くすることができる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記利得クランプ半導体光増幅器には、通常の半導体光増幅器に比べて雑音特性が良くないという欠点がある。一般に、光増幅器の雑音特性は、利得媒質内に形成される反転分布量で決まるとい性質がある。反転分布量が大きい、すなわち励起キャリア数が多いほど雑音特性は良い。

【0009】利得クランプ半導体光増幅器の場合には、励起キャリア数は発振閾値状態にクランプされる。

【0010】一方、通常の半導体光増幅器では、注入電流量を増やせば、その分、励起キャリア数が増加する。したがって、利得クランプ半導体光増幅器の励起キャリア数は通常の半導体光増幅器より少なく、その結果、雑音特性が悪くなる。

【0011】本発明は以上の事情に鑑みてなされたものであり、利得クランプ半導体光増幅器の高飽和利得特性を活かしつつ、雑音特性の良い半導体光増幅器を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明は、二段階の半導体光増幅器を一体に形成し、一段目の半導体光増幅器では、雑音特性の良好な光増幅を行い、二段目の半導体光増幅器では、高飽和利得特性を活かしつつ光増幅を行う

ことを特徴とする。これにより、利得飽和が生じる入力信号光レベルが高く、かつ雑音特性の優れた半導体光増幅器を実現することができる。

【0013】すなわち、本発明は、半導体光導波路の信号光 $\lambda_0$ の入射端から出射端方向に、励起キャリアにより信号光 $\lambda_0$ を誘導放出する手段を含む第一の利得領域と、レーザ発振光 $\lambda_0$ に共振する手段を含む第一の光反射領域と、励起キャリアにより信号光 $\lambda_0$ を誘導放出する手段を含む第二の利得領域と、レーザ発振光 $\lambda_0$ に共振する手段を含む第二の光反射領域とが当該順序で形成されたことを特徴とする半導体光増幅器である。

【0014】前記レーザ発振光 $\lambda_0$ に共振する手段は、DBR反射器を含むことが望ましい。また、前記入射端および前記出射端には、無反射コートが施されることが望ましい。

【0015】

【発明の実施の形態】発明の実施の形態を図1を参照して説明する。図1は本発明実施例の半導体光増幅器の構成図である。

【0016】本発明は、図1に示すように、両端面に無反射コートが施された一つの半導体光導波路の信号光 $\lambda_0$ の入射端から出射端方向に、励起キャリアにより信号光 $\lambda_0$ を誘導放出する手段である第一の半導体光増幅器を含む利得領域1と、レーザ発振光 $\lambda_0$ に共振する手段である第一のDBR反射器を含むDBR領域11と、励起キャリアにより信号光 $\lambda_0$ を誘導放出する手段である第二の半導体光増幅器を含む利得領域2と、レーザ発振光 $\lambda_0$ に共振する手段である第二のDBR反射器を含むDBR領域12とが当該順序で形成されたことを特徴とする半導体光増幅器である。

【0017】

【実施例】一般に、光増幅器の雑音特性は、信号入力端領域における雑音特性によって決まる。これは、入力端領域で発生した雑音光（自然放出光）が信号光とともに増幅されつつ出力端から出力されるためである。雑音特性とは、言い換えると、信号光パワーと雑音光パワーの比率である。雑音光パワーの比率が小さいほど、雑音特性は良い。

【0018】光増幅器出力端における雑音光は、増幅効果のため、入力端領域で発生した雑音光が大部分を占めている。したがって、入力端領域の雑音特性を良くすれば、雑音特性の良い光増幅器を得ることができる。

【0019】一方、利得飽和は増幅器の出力端領域で起こる。これは、信号光伝搬に伴う増幅効果により、出力端領域の信号光パワーが大きいためである。したがって、出力端領域の利得飽和特性が良ければ、利得飽和特

性の良い光増幅器となる。本発明は、以上の考え方に基づいてなされている。

【0020】図1に示すように、一つの半導体光導波路上に、利得領域1、DBR領域11、利得領域2、DBR領域12が順に形成され、両端面には無反射コートが施されている。これに対し、波長 $\lambda_0$ の信号光が利得領域1側から入力され、DBR領域2側から出力される。二つのDBR領域の反射波長は信号光波長と異なる波長 $\lambda_0$ とする。

【0021】DBR領域11／利得領域2／DBR領域12は、発振波長 $\lambda_0$ のDBRレーザ構成となっている。したがって、この領域は従来例と同様にして、利得クランプ半導体光増幅器として動作させることができる。一方、利得領域1は、通常の半導体光増幅器として作用する。

【0022】すなわち、図1の構成は、入力端領域に通常の半導体光増幅器が、出力端領域に利得クランプ半導体光増幅器が、それぞれ配置された構造となっている。従来技術の項で述べたように、通常の半導体光増幅器は雑音特性に優れている一方、利得クランプ半導体光増幅器は利得飽和特性に優れている。また、前述のように、入力端領域の雑音特性が良ければ増幅器全体として雑音特性は良くなり、出力端領域の利得飽和特性が良ければ増幅器全体としての利得飽和特性が良くなる。したがって、図1の構成により、利得飽和特性に優れ、かつ、雑音特性の良い半導体光増幅器を実現することができる。

【0023】なお、上記実施例においては、波長 $\lambda_0$ のDBRレーザ発振光が利得領域1に入力され、この光による誘導放出のため利得領域1の励起キャリアが消費される。そのため、利得領域1の雑音特性が劣化し、その結果、増幅器全体の雑音特性が劣化することが考えられる。これを抑えるためには、DBR領域11の反射率を大きくすればよい。このようにすれば、利得領域1へ入力されるDBRレーザ発振光が小さくなり、利得領域1の雑音特性劣化を抑えることができる。

【0024】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、利得飽和が生じる入力信号光レベルが高く、かつ、雑音特性の優れた半導体光増幅器を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明実施例の半導体光増幅器の構成図。

【図2】利得クランプ半導体光増幅器の構成図。

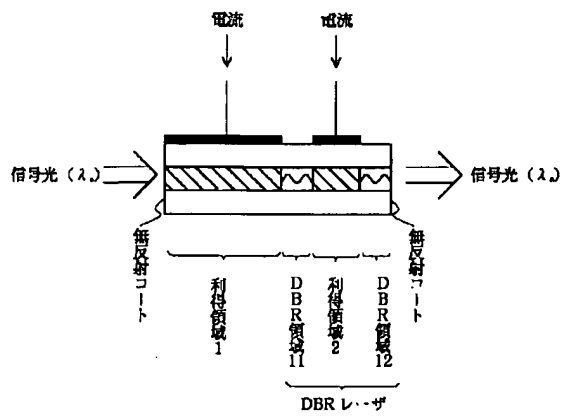
【図3】信号利得を示す図。

【符号の説明】

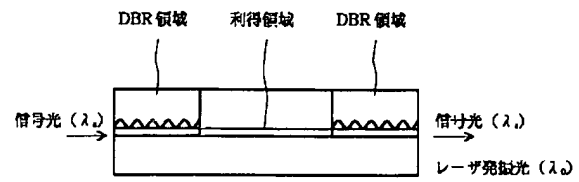
1、2 利得領域

11、12 DBR領域

【図1】



【図2】



【図3】

